Aus dem zahnärztlichen Institut der Universität zu Göttingen
(Direktor: Prof. Dr. Hans-Hermann Rebel)

Untersuchungen über die Einwirkung der Phosphatzemente auf die gesunde Tierpulpa, verglichen mit der Wirkung der Amalgame und der Guttapercha.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität zu Göttingen.

Vorgelegt von
Zahnarzt Hans Böckmann
aus Osnabrück.

1926

Druck von Meinders & Elstermann, Osnabrück.

Referent: Prof. Dr. Rebel.

Tag der mündlichen Prüfung: 20. November 1925.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Inhaltsübersicht.

Einleitung: Entwicklung der Zahnzemente.

Die Zinkphosphatzemente.

I. Zusammensetzung derselben.

II. Frage der schädigenden Wirkung derselben auf die Pulpa.
- A. Ablehnung derselben.
- B. Bejahung derselben.
  - a) exogener Faktor.
    1. Porosität,
    2. Volumenveränderung.
  - b) endogener Faktor.
    1. im Gesamtorganismus,
    2. im Zahn,
    3. in der Füllung (Säuretheorie).
- C. Art der Schädigung.

III. Bisherige Versuchsanordnungen.
Eigene Versuchsanordnung.

IV. Versuchsergebnisse.

V. Zusammenfassung.

Die konservierende Zahnheilkunde verwendet zum Ausfüllen der Defekte in den harten Zahnsubstanzen, um Aussehen und Funktion des erkrankten Organs möglichst wiederherzustellen, zumeist Stoffe anorganischer Natur, weil nur sie die nötige Widerstandsfähigkeit gegen die chemischen und physikalisch-mechanischen Schädlichkeiten besitzen. Eine organische restauratio ad integrum ist bei den harten Substanzen des Zahnes von vornherein ausgeschlossen. — Wir unterscheiden zwei verschiedene Füllungsmethoden bei der Verwendung von anorganischen Füllungsmaterialien. Entweder ersetzen wir die verloren gegangenen Teile der harten Zahnsubstanz durch Füllungen, die wir aus Metallfolien herstellen, oder wir bedienen uns der sogenannten „plastischen Füllungsmaterialien", der Amalgame und der Zemente. Mit letzteren Massen haben wir es in der vorliegenden Arbeit vor allem zu tun.

„Zement im zahnärztlichen Sinne ist ein Kollektivbegriff für eine Anzahl in ihrer Zusammensetzung sehr verschiedener Füllungsmaterialien, welche aus einer wasserhellen Flüssigkeit und einem Pulver bestehen" (Sachs).

Alle heutigen Zahnzemente haben ihren Ausgang genommen von dem sogenannten Sorelkitt, der 1856 von Sorel erfunden wurde. Nach Abraham bestand dieser „in der Hauptsache aus Magnesit oder Dolomit als Pulver und einer Magnesiumchloridlösung als Flüssigkeit. Dem Pulver wurden noch indifferente Bestandteile, wie Glaspulver, Schlacken, der Flüssigkeit Leim, Gummi und Eiweiss zugesetzt." — Bald wurde das Magnesit durch Zinkoxyd und das Magnesiumchlorid durch Zinkchlorid ersetzt, so dass die Füllung geschaffen war, welche vorzeiten in der Zahnheilkunde als „künstliches Zahnbein", „Pariser Zahnkittmasse", in Deutschland speziell als „Suersensches Zement" bekannt geworden ist. Dieses Zinkchloridzement besitzt jedoch die höchst unangenehme Eigenschaft, in die Tiefe zu ätzen. Beim Mischen des Pulvers mit der Flüssigkeit bleibt nämlich immer eine geringe Menge Chlorzinks frei, das der Paste die stark ätzende Wirkung verleiht; verwendete doch Brunsmann 1864 das Chlorzinkzement neben Arsenik als Aetzmittel zum Abtöten der Pulpa. — Von den Dresdener Zahnärzten Rostaing Vater und Sohn wurde so 1878 das erste Zinkphosphatzement in den Handel gebracht, dessen genaue Zusammensetzung und Herstellungsweise von den Erfindern als Geheimnis mit ins Grab genommen wurde. Sauer berichtet in demselben Jahre auf Grund einer angestellten Analyse von der Zusammensetzung dieses hochgepriesenen Zements, dass „dieselbe aus einer Flüssigkeit besteht von sirup- bis nahezu butterähnlicher Konsistenz, welche sich als Phosphorsäure (Pyro- und Metaphosphorsäure) erwiesen, und aus einem Pulver, das sich als gefälltes und dann geglühtes Zinkoxyd heraus-

gestellt hat. Zu farbigen Zusätzen dienten Eisenverbindungen.“ Während der nächsten 30 Jahre war dann dieses Material dominierend. An Anstrengungen für Verbesserungen und Nachahmungen hat es zwar nicht gefehlt. Seide, Zellulose, Zelluloid und Metallegierungen wurden dem Pulver beigemischt, ohne dass diese Kombinationen einen dauernden Platz sich eroberten. Unter den noch heute im Handel befindlichen Präparaten möchte ich neben dem Harvard-Zement das von Lynton, de Trey, Poulsons-Zementplombe, Marfil-, Alphoszement und das Eisfelder Zement erwähnen.

Das, worauf es ankam, dem im Zahn tot und kreidig aussehenden Füllungsmaterial lebendiges, transparentes, glas- oder schmelzartiges Aussehen zu geben, gelang erst den Bemühungen Aschers und Steenbocks, die der Fachwelt um die Wende des 20. Jahrhunderts im „künstlichen Zahnschmelz“ ein sogenanntes Silikatzement in die Hand gaben, bei dem das Zinkoxyd durch Tonerde ersetzt war.

Ich komme nun auf die Phosphatzemente zurück. Bekanntlich entsteht durch das Mischen von Pulver mit der Zementflüssigkeit zuerst ein kittartiger Körper, der nach einer gewissen Abbindungszeit zu der bekannten steinharten Phosphatzementfüllung erstarrt, deren Härte den Graden 3 und 4 der Mohs'schen Skala entspricht. Das Pulver enthält hauptsächlich stark gebranntes, basisches Zinkoxyd, dem geringe Zusätze von Calzium-, Aluminium- und Magnesiumoxyd (Kantorowicz, Peckert) beigegeben sind. Um der Masse eine zahnähnliche Farbe zu geben, sind dem Pulver indifferente Farbstoffe zugefügt. Die in der Flüssigkeit enthaltene Phosphorsäure ist meist Orthophosphorsäure, die jedoch bei dem Abbindungsprozess in die beiden anderen Modifikationen derselben, in die Meta- und Pyrophosphorsäure übergeht. Daneben finden sich hier selbst noch primäre Aluminium-, Calzium- und Natriumsalze der Phosphorsäure, sogenannte primäre Zinkphosphate.

Analyse des Harvard-Zementes.

1. Festes Pulver:

SiO_2	= 5,87 %	Heinemann.
Al_2O_3	= 20,00 %	
ZnO	= 68,66 %	
CaO	= 2,92 %	
MgO	= 0,50 %	
K_2O	= 0,47 %	
Na_2O	= 1,32 %	
	99,74 %	

2. Flüssigkeit:

Al	= 2,29 %	Kamenz.
H_3PO_4	= 53,94 %	

Um den Abbindungsprozess zu beschleunigen, hat man der Flüssigkeit noch Gummi arabicum und Glycerin in kleinen Mengen zugesetzt. Nach den Untersuchungen von Schönbeck, die jüngst durch Dieck und Rohrer bestätigt worden sind, weist der Abbindungsprozess bei den Phosphatzementen eine ausserordentliche Labilität auf. Als Abbindungszeit gibt Wustrow für die schnellhärtenden Zemente höchstens eine Stunde, für normal härtende mehr als zwölf Stunden an. Nach dieser ersten Abbindung treten in der erhärteten Füllung noch Molekularumsetzungen auf, so dass die definitive chemische Abbindung viel längere Zeit gebraucht, als man bis jetzt an-

genommen hat. Nach Rohrer zeigen die Zementfüllungen erst nach zwei bis drei Wochen ein konstantes Verhalten in ihrer Zusammensetzung. Von besonderer Wichtigkeit ist das richtige Mischen von Pulver und Flüssigkeit, worauf besonders Dieck hingewiesen hat. „Höxbroe hat eine Anzahl der gebräuchlichsten Phosphatzemente, unter anderem auch die für jedes Präparat günstigste Konsistenz, bei der Mischung untersucht und gefunden, dass grosse Unterschiede bestehen.“ So ist es also nicht möglich, bestimmte Zahlen anzugeben, wenn man auch allgemein das Verhältnis von Pulver und Flüssigkeit mit 2 : 1 bezeichnet hat (Rawitzer). Die beim Mischen durch das intensive Rühren erzeugte Wärme beschleunigt den Abbindungsprozess, weshalb auch diesem Punkte beim Mischen die grösste Aufmerksamkeit zuzuwenden ist. Durch chemische Formeln die bei der Abbindung der Phosphatzemente sich abspielenden Vorgänge erklären zu wollen, ist „ein hoffnungsloses Beginnen.“

Ueber die Frage der Schädigung der Pulpa durch die Phosphatzemente und ihre Ursachen sind die Meinungen der einzelnen Autoren sehr geteilt, wie ein Blick in die Literatur hierüber uns lehrt.

Preiswerk glaubt „aus den Ergebnissen der Praxis eine Schädigung entschieden verneinen zu sollen, denn unter allen Umständen konnte eine andere Ursache — freiliegende Pulpa, mangelhafte Exkavation — nachgewiesen werden.“ Dieser Auffassung schliessen sich Richter, Proell und Greve an, wobei letzterer besonders betont, dass wir für die bereits spurenweise erfolgte Infektion des gesunden Dentins kein Diagnostikum haben als den späteren Misserfolg. — Proell beschuldigt ein fehlerhaftes Verarbeiten des Materials für die unter Umständen beobachtete Pulpenschädigung. — Black empfiehlt die Phosphatzemente als schlechte Wärmeleiter bei der Hyperämie der Pulpa zu temporären Füllungen. — Walkhoff bezeichnet sie als „die Pulpa nicht irritierende“ Füllungen. — Rebel bestreitet auf Grund experimentell vergleichender Untersuchungen an der Hand eines zu diesem Zweck angestellten Tierexperimentes, „dass unter Zementfüllungen ein gehäuftes Absterben von Pulpen zu beobachten wäre.“ — Fasoli konnte bei Schnitten durch einen Hundeeckzahn mit tiefer mit Oxyphosphat gefüllter Kavität nach sechs Monaten nur die Bildung von Reizdentin, das auf eine enge Zone in Relation zur Kavität beschränkt war, beobachten. „Das Odontoblastenlager ist intakt, nur unter den neugebildeten Zonen etwas abgeplattet. Der Aspekt der Pulpa ist bis auf wenige neugebildete Kapillaren im Odontoblastenstratum und nur ganz vereinzelte Punkte mit einigen ausgetretenen roten Blutkörperchen nahezu normal. Diese bei gut vertragenen Materialien fast nicht wahrnehmbaren Fakten zeigen an, dass sicher auch die Trepanation der Höhle selbst und die Füllung mit Phosphaten zu irgendwelchen Störungen Anlass gibt; das können wir beim Vergleich mit der Pulpa eines intakten Zahnes im selben Versuche erheben. Ausnahmsweise kann man auch vereinzelt Zystenbildung sehen, aber das hat kaum eine Bedeutung. Diese geringen Störungen sind der Ausdruck einer veränderten physiologischen Tätigkeit der Pulpa, sind aber zweifellos bei der Resistenz des Gewebes, die mit der Bildung des callus internus wächst, ohne jede Bedeutung.“

Im Gegensatz zu der Meinung der oben erwähnten Autoren steht die Auffassung derer, die eine schädigende Wirkung der Zinkphosphatzemente auf die Pulpa bejahen.

Als einer der ersten hat Miller 1903 betont, „dass erfahrungsgemäss die Pulpen ziemlich häufig unter Phosphatzementfüllungen absterben.“ Im übrigen sind in den 50 Jahren der Anwendung derselben kaum beachtenswerte Klagen laut geworden, was für eine Unschädlichkeit zu sprechen schien. Erst in der jüngsten Zeit haben Rohrer, Reist und Wustrow diese Frage einer erneuten eingehenden Untersuchung, letzterer durch das Tierexperiment, unterzogen und sind dann zu einer entschiedenen Bejahung der schädlichen Wirkung der Phosphatzemente gekommen. Rebel weist jedoch darauf hin, dass man auf Grund der Versuche Rohrers, die die hämolysierende Wirkung der Zemente auf die Erythrocyten zeigen, „nicht auf eine schädigende Wirkung derselben im Zahnbein auf dieses und die Pulpa schliessen kann, da biologisch-anatomisch die Blutzelle doch nicht mit der Zahnbeinfaser und der Mutterzelle, dem Odontoblasten, zu vergleichen ist.“ Reist und Rohrer gehen jedoch bei ihren Versuchen von einem sahneweich angerührten Zementgemisch aus, wie wir es wohl bei dem Aufsetzen von Kronen anwenden, bei dem, wie unten gezeigt, die Voraussetzungen ganz andere sind als bei der Verwendung des Zementes zu Füllungen.

Muss man bei der Beurteilung dieser Frage also zunächst einmal unterscheiden zwischen einer Schädigung durch normal angerührte, d. h. knetbare, und sahneweich angerührte Zementgemische, so muss man andererseits zweierlei Wirkungen von vornherein auseinander halten. Entweder ist die Wirkung derart, dass „das Leben des Zahnes dauernd geschädigt wird, wodurch es irgendwann einmal zum Tode von Pulpa und Zahnbein kommt, oder so, dass es nicht zu einer tieferen, bleibenden Schädigung der lebenden Organe kommt, die klinisch und histologisch bis heute nicht nachweisbar ist“ (Rebel).

Als Ursache für die Schädigung der Pulpa können verschiedene Faktoren in Betracht kommen, die ich einteilen möchte in einen Faktor exogener und einen solchen endogener Natur.

Exogener Faktor.

Ueber die Porosität der Phosphatzementfüllung sind die Meinungen geteilt. Morgenstern und Greve bejahen unbedingt eine solche, während Porell nach dreimonatigen Versuchen ein Durchdringen der Bakterien durch eine 1½-2 mm dicke Harvard-Zementschicht nicht feststellen konnte. Seitz-Weigele konnten nach sechs Tagen bei ähnlicher Versuchsanordnung Bakteriendurchwanderung durch Harvard-Zement konstatieren; jedoch spricht Roth all diesen Versuchen mit ihren Wahrscheinlichkeitsresultaten die Beweiskraft ab, nachdem er die Versuche der beiden Autoren einer Nachprüfung unterzogen hatte. So kann man m. E. die Porosität nicht für eine Pulpenschädigung verantwortlich machen. Wenn trotzdem bei dem Ausbohren einer alten Zementfüllung ein foetider Geruch festzustellen ist, so waren entweder Risse in der Füllung entstanden, in denen sich Speisereste zusammen mit Bakterien festgesetzt hatten, oder die fäulnisfähigen Stoffe waren der Zersetzung anheimgefallen, zumal eine oberflächliche Hydratisation der Füllung nicht von der Hand zu weisen ist, wie Rawitzer und Rohrer betont haben.

Auch eine Kontraktion der Zemente ist bisher nicht einwandfrei festgestellt worden, wie Proell, Rawitzer und Wustrow annehmen, zumal die exakten Untersuchungen Diecks die Raumbeständigkeit gezeigt haben. Selbst wenn

man eine Kontraktion annähme, würde es wie bei den Amalgamfüllungen eher zur sekundären Karies durch die zwischen Füllung und Zahnbeinwand hindurchgewanderten Bakterien kommen unter dem bekannten Bilde einer Pulpitis als zu einer Nekrose der Pulpa.

Kulka weist auf die Expansion hin, durch die dünne Dentindecken über der Pulpa eingesprengt werden können, so dass durch den Druck auf dieselbe ihr Lumen verringert wird, und es so zu Läsionen derselben kommt. Wenn auch die Untersuchungen Diecks bezüglich der Expansion ebenfalls negativ ausgefallen sind, so bleibt immerhin die Möglichkeit offen, dass durch den Stopferdruck eine Dentindecke eingesprengt wird und so die Pulpa verletzt werden kann.

Endogener Faktor.

Natürlich wird man auch eine Zementfüllung für das Absterben einer Pulpa verantwortlich machen, deren Resistenz bereits im Verlauf von Allgemeinerkrankungen des Gesamtorganismus — Tuberkulose und Diabetes mellitus — sehr stark herabgesetzt ist. — Unter der Anämie kann die Pulpa wie alle übrigen Organe in einem gewissen Grade leiden. Inwieweit die Menstruation auf das Pulpagewebe einen deletären Einfluss ausübt, ist heute noch umstritten. Tanzer will beobachtet haben, dass während derselben infolge der veränderten Blutverteilung ein Absterben der Pulpa vorkommen kann, besonders an den seitlichen Schneidezähnen, bei denen infolge des sehr engen foramen apicale ein Kollateralkreislauf fast vollständig fehlt.

Ein besonderes Augenmerk bei der Entscheidung der Frage einer Schädigung eines Füllmaterials muss folgenden biologischen Erwägungen zugewandt werden, der „physiologischen Wundreaktion von Zahnbein und Pulpa“ und dem „vitalen Prinzip des Zahnes.“ Rebel und Rohrer haben in ihren letzten Berichten nach G. Fischer besonders auf diese Punkte hingewiesen.

Der Schmelz eines Zahnes leitet sich entwicklungsgeschichtlich vom Ektoderm ab, während das Dentin und die Pulpa aus dem Mesoderm sich entwickeln. Er ist also ein zu 97 Prozent „verkalktes Epithelgewebe.“ Aus den durch chemische Analyse gefundenen 3,6 Prozent organischer Substanz kann man auf das seltene Vorkommen stärkerer Protoplasmamengen schliessen. Rohrer glaubt aus dem Umstand, dass der Schmelz mit zunehmendem Alter kalkreicher wird, auf einen Stoffwechsel im Schmelz schliessen zu können; Morgenstern verlegt diesen in die von der Dentin-Schmelzgrenze peripherwärts ziehenden Spurfasern und Spurstreifen, während Andresen einen Säfteaustausch des Schmelzes mit dem Speichel annimmt. Ob so ein physiologischer Ernährungsstrom im Schmelz besteht, ist bisher nicht zu entscheiden.

Anders liegen die Verhältnisse dagegen im Dentin, in dem sich 27,61 Prozent organischer Substanz befinden. In die in der Grundsubstanz eingelagerten Dentinkanälchen ragen die protoplasmatischen Fortsätze der Odontoblasten der Pulpa als Zahnbeinfasern oder Tomes'sche Fasern hinein. Durch diese wird der Stoffwechsel des Dentins vermittelt. Die Feiler-Oschinsky'schen Resultate über die mit zunehmendem Alter enger werdenden Dentinkanälchen deuten ja auf einen solchen hin. Und Rohrer konnte 1920 im Tierexperiment nachweisen, dass „ein Diffusionsstrom im Dentin sowohl in der Richtung zur

Pulpa wie auch zum Schmelz stattfindet, ja, es liess sich .... ablesen, dass der im Zahn jugendlicher Katzen vorhandene Lymphstrom sich in die physiologische Umlaufszeit der Gesamtlymphe einfügt."

Auch im natürlichen Zement des Zahnes muss man einen regen Stoffwechsel annehmen, da dieses durch die Sharpeyschen Fasern mit dem Periodontium des Zahnes in engster Kommunikation steht.

Somit müssen auch die Grundsätze und Lehren der allgemeinen Pathologie auf das Zahnbein und die Pulpa Anwendung finden. Das Dentin — „das bindegewebige Substrat" — ist normalerweise von dem Schmelz — „dem epithelialen Substrat" — bedeckt. Wenn der Schmelz verloren gegangen ist, so liegt eine „Zahnbeinwunde" vor. Durch jedes Beschleifen eines Zahnes und jede Kavitätenpräparation im Dentin legen wir Bindegewebe frei, eröffnen Stoffwechselbahnen und schaffen damit eine „modifizierte Wunde", die allen Reizen chemischer, thermischer und mechanischer Art preisgegeben ist. Als Folge dieser Reize muss die Pulpa in „Wundreaktion" treten: Transparentes Zahnbein und Reizdentin sind diese Schutzmassnahmen von seiten der Pulpa. — Auf unseren speziellen Fall übertragen, durch die Kavitätenpräparation oder durch den infolge Karies entstandenen Defekt im Dentin ist eine Wunde geschaffen. Die aus dem Verband gerissenen Protoplasmateilchen sterben ab. Inwieweit diese autotoxischen Produkte vom Zahnbein resorbiert und durch die Tomes'schen Fasern zur Pulpa transportiert werden, entzieht sich unserer Kenntnis. In diesen Wundbezirk legen wir nun eine Füllung, die als erhöhter äusserer Reiz wirken muss je nach den physikalischen und chemischen Eigenschaften, die das Füllungsmaterial besitzt. So müssen besonders die Stoffe, die nachträglich freie Säure oder lösliche saure Salze abgeben, wie das von den Silikatzementen behauptet wird, Reaktionen von seiten der Pulpa hervorrufen. Je nach der augenblicklichen Konstitution des Zahnes, der Pulpa und des Gesamtorganismus werden diese bei verschiedenen Individuen verschieden sein. Es ist zu begreiflich, dass bei hochgestellter Konstitution der Pulpa ein starker äusserer Reiz weniger Erscheinungen hervorruft als bei niedrig gestellter, wo der kleinste Reiz schon schädigend wirkt. Liegen die Verhältnisse schon nicht ganz einfach, wenn eine Füllung ins gesunde Dentin gelegt wird, so müssen sie noch verwickelter werden, wenn eine Füllung in durch Karies verloren gegangenes Dentin zu liegen kommt. Mangelhafte Präparation, eine mikroskopisch sichtbare Infektion des gesunden Zahnbeins, ja, selbst eine latente Pulpaerkrankung oder eine übersehene Eröffnung derselben schaffen Zustände, deren Folgen man möglicherweise der Wirkung einer Phosphatzementfüllung zuzuschreiben geneigt sein wird, die zufällig sich in dem betreffenden Zahn befindet.

Zuletzt kann der schädigende Faktor in der Phosphatzementfüllung selbst zu suchen sein. Miller führte diese Schädigung anfänglich auf die im Zinkoxyd enthaltenen Spuren von arseniger Säure zurück, „diese Säure stammt aus dem Zinkerz, das fast immer eine geringe Menge von Arsenik enthält." Heute kann man diesen Schädigungsfaktor ganz ausser acht lassen. Gross dagegen ist heute noch der Streit über die sogenannte „Säuretheorie", nach der entweder freie, ungebundene Phosphorsäure oder freiwerdende Säure neben löslichen phosphorsauren Salzen die Pulpa vernichten soll. Miller erscheint „die in jeder Füllung von Phosphatzement vorhandene

freie Säure (oder saure Salze) eine schädliche Wirkung auf die Pulpa ausüben zu können, namentlich dann, wenn eine dünne Schicht Zahnbein zwischen Füllung und Pulpa sich befindet." — Masur hat 1905 erstmalig diese Theorie aufgestellt, die dann von Andresen besonders erläutert wurde. — Kulka hat zwar gefunden, dass Harvard-Zement die Säure schnell und sehr weitgehend abbindet, um weiterhin einen kleinen Rest ziemlich konstant ungebunden zu bewahren; doch handelt es sich nur um äusserste Spuren, die durch Umsatz mit den Dentinsalzen sehr schnell verbraucht sind, indem die Verstopfung der Dentinkanälchen obendrein noch ein tieferes Diffundieren vermeidet. Der von ihm bestimmte Säurewert war nach 20—40 Minuten unmittelbar nach dem Hartwerden sehr niedrig, ebenso noch nach 48 Stunden. — In jüngster Zeit haben besonders Wustrow und Rohrer experimentelle Untersuchungen im Sinne der Säuretheorie angestellt. Wustrow konnte in normal angerührten Zementfüllungen nach 10 Minuten schon keinen Säurenachweis mit Ammoniummolybdat mehr erbringen, während er bei sahneweich angerührtem Material nach einer Stunde noch Spuren nachwies. Die Abbindungszeit betrug bei schnell härtendem Zement höchstens eine Stunde, bei normal härtendem mehr als 12 Stunden. Die schädliche Wirkung wird bei normal härtendem Zement, wenn es steif angerührt wird, durch die schnelle Abbindungszeit mit grösster Sicherheit ausgeschaltet, während ein Teil der Pulpentode unter mit sahneweich angerührtem Zement aufgesetzten Kronen als Folgeerscheinung der Reizwirkung des Zementes angesehen werden muss. — Rohrer unterzog die Phosphatzemente einer Untersuchung im hydro-auto-hämolytischen Versuch nach Kaffka-Rohrer. Bei diesem handelt es sich um folgendes: „Eine Aufschwemmung der am leichtesten zugänglichen Zellen, nämlich der roten Blutkörperchen, wird der Einwirkung des zu untersuchenden Medikamentes ausgesetzt, wobei die Erythrocyten Veränderungen erleiden, so dass bezüglich der Hämolyse und Flockung serologisch ablesbare Veränderungen erkennbar werden." Die schnell härtenden Zemente zeigen eine starke Anfangsschädigung, dann innerhalb 24 Stunden eine mittlere und von zweimal 24 Stunden an eine geringe Schädigung. Die normal härtenden Zemente zeigen nach einer starken Anfangsschädigung schädliche Remissionen bis zu sieben Tagen, so dass erst in der zweiten Woche eine geringe Schädigung zum Vorschein kommt. Der „schädigende Faktor ist in der Anrührungsflüssigkeit zu suchen." Auf die Bewertung dieser Versuchsanordnung durch Rebel habe ich bereits hingewiesen. —

Natürlich sind die Ausführungen über die „Säuretheorie" nicht unwidersprochen geblieben. Besonders Richter betont, dass der Phosphorsäure die Schuld am Absterben nicht beizumessen ist. — Für Rawitzer ist eine Säurewirkung nicht nachweisbar: „Erst beim Kochen mit Wasser tritt eine Säurereaktion ein, die aber auf hydrolytischer Spaltung der Salze beruht." — Auch Abraham zweifelt an einer schädlichen Phosphorsäurewirkung. Einerseits erzeuge die reine Phosphorsäure so leicht keine Verätzungen, dann sei in der Zementflüssigkeit die Azidität der Phosphorsäure durch die in derselben gelösten Basen auf ein Minimum beschränkt, und schliesslich müsse bei einem Eindringen in das Dentin der Kalkgehalt dieser Schicht die Säure sofort neutralisieren. — Auf Grund seiner Titrationsversuche kommt Rebel zu dem Schluss, dass die saure Reaktion bei den richtig angerührten Proben nur während des Einbringens, Formens und Erhärtens der Masse bis zu einer Stunde vorhanden

war. Nach einer Härtedauer von einer Stunde war die Reaktion normal. Die Abgabe von Säure sofort nach dem Anrühren ist ausserordentlich gering, es kommen beim Harvard-Zement auf 1000 Teile Wasser 0,999 Teile Säureäquivalent. Nach Ablauf der „Säurestunde" hat die Reaktion den Neutralpunkt erreicht und geht nach 6½ Stunden in eine alkalische über. —

Zur Beurteilung dieser Frage sind, wie ersichtlich, die verschiedensten Versuchsanordnungen getroffen worden. Richter, Rawitzer, Abraham, Kulka, Wustrow und Rebel suchten durch den chemischen Nachweis der Säureabgabe der Frage näher zu kommen. Man muss sich aber hüten, solche Laboratoriumsversuche ohne weiteres auf die Praxis zu übertragen. — Wenig Bedeutung ist den Versuchen beizumessen, die durch Experiment im Munde an Menschenzähnen oder Tierzähnen vorgenommen wurden, indem man Zementflüssigkeit auf die Pulpa einwirken liess. Der erste, der über die Wirkung der in der Zementflüssigkeit enthaltenen Säure auf die Pulpa in dieser Richtung gearbeitet hat, ist Pawel. Er hat 1905 an Hunden Versuche angestellt, welche die Einwirkung von Säuren, Alkalien und Desinfizientien auf die Pulpa klarlegen sollten. Dabei hat sich herausgestellt, dass Säuren selbst durch dicke Dentinschichten schädigend auf die Pulpa wirken. — Im Gegensatz hierzu konnte Lartschneider nach neun Wochen Wirkung von Wattebäuschchen, die mit Phosphorsäure getränkt waren, in keinem Fall Pulpatod konstatieren. — Wustrow beobachtete die Phosphorsäurewirkung an zwei mittleren Schneidezähnen, die nach acht bezw. zehn Tagen unter Anästhesie entfernt und untersucht wurden. Die Pulpa zeigte schwere Veränderungen, die dem Bild der sekundären Athrophie der Pulpa entsprachen. Das gleiche Ergebnis zeigte ein Hundeversuch. —

Was nun die Art der Schädigung durch die etwa vorhandene Säure betrifft, so soll diese nach Wustrow „auf das an pulpenintakten Zähnen in den Tomes'schen Fasern vorhandene Protoplasma eine direkte Aetzwirkung ausüben. Da die Ortho- und Pyrophosphorsäure Eiweiss nicht koagulieren, so hat die Phosphorsäure eine recht grosse Tiefenwirkung." — Kulka und Rebel dagegen betonen ausdrücklich, dass etwaige Säure sich zunächst mit den Kalksalzen des Dentins umsetzen müsse, bevor eine Tiefenwirkung stattfinden könne. Gerade auf diese Reaktion führt Idolski die Haftintensität der Zinkphosphatzemente zurück, wie Mikrophotographien deutlich zeigen. — Wird bei der Durchtränkung des Protoplasmas mit Säure ein unlösliches Azidalbuminat gebildet, so ist damit der Weg für ein weiteres Vordringen verlegt. —

Wir sehen, dass die Autoren noch keineswegs zu einer Einigung bezüglich der Säurewirkung auf die Pulpa gelangt sind.

Da also eine Lösung des schwierigen Fragenkomplexes weder durch theoretische, chemische Erwägungen noch durch die empirische Forschung zu einem befriedigenden Ergebnis führen kann, so muss der biologische Versuch als einziger Ausweg Anwendung finden. Hier liegen die re vera vorhandenen Verhältnisse der Versuchsanordnung zugrunde. Diesen Weg haben erst in neuester Zeit Rebel und Fasoli betreten. Das Ergebnis des Tierexperiments von Fasoli erwähnte ich bereits oben. Rebel führte Versuche an einer Katze durch; er liess Guttapercha-, Amalgam- und Zementfüllungen fünf Wochen lang auf die Pulpa wirken und beobachtete dann im Vergleich zu dem Kontrollzahn folgende Unterschiede: „Die Guttaperchafüllung unterschied sich durch eine deutliche diffuse Anreicherung von

Pulpazellen. Ein etwas weiteres Stadium treffen wir bei der Amalgamfüllung. Die diffuse Zellvermehrung ist noch ausgesprochener, dazu tritt leichte, vereinzelt bemerkbare Vacuolisierung der Odontoblasten, vielleicht ganz geringe seröse Durchtränkung. Eine weitere Steigerung finden wir in den Pulpen, die unter Zement gelegen hatten. Zur starken Anreicherung von histiogenen Zellen tritt eine deutliche Gefässerweiterung, kapillare Blutung ganz geringen Grades und vereinzelt stärker ausgedehnte Vacuolisierung der Odontoblastenschicht."

Zweck nachfolgender Versuchsreihe ist es, diese Vorversuche in umfangreicherer Weise weiterzuführen und festzustellen, welche Einwirkungen die Zink-Phosphatzementfüllungen, d. h. normal angerührte Zinkphosphatzemente, auf die Tierpulpa verglichen mit der Wirkung der Amalgam- und Guttaperchafüllungen ausüben.

Experimentaltechnik.

Es standen mir drei kräftige, gut ernährte Hunde zur Verfügung, deren Alter zwischen 1½—2 Jahren schwankte. Eine Stunde vor Beginn der Operation wurden subcutan 2—3 ccm einer fünfprozentigen Lösung von Morphinum hydrochloricum injiziert, nur in einem Falle musste noch eine Aetherngrkose vorgenommen werden. In der ersten Sitzung wurden die Füllungen im rechten Ober- und Unterkiefer gelegt, während nach einem bestimmten Zeitraum dieselbe Operation auf der entgegengesetzten Kieferhälfte wiederholt wurde. Die Zähne, an denen Versuche vorgenommen wurden, waren die Fangzähne und die Reisszähne. Als Kontrollzahn wurde meist der $_3J_3$ verwendet, bei dem die Cavität nicht gefüllt wurde. Ausserdem wurde ein äusserlich intakter, nicht behandelter Zahn in jeder Kieferhälfte untersucht. Nach dem Abschleifen der Schmelzdecke mit einem Steinchen unter reichlichem Wasserzufluss wurden an den labialen Flächen der Zähne unmittelbar über dem Zahnfleischrand mit einem walzenförmigen Bohrer 2 bezw. 1½ mm tiefe Kavitäten präpariert von einem Durchmesser von 3 mm. Naturgemäss lagen die Füllungen meist in unmittelbarer Nähe der Pulpa, wobei indes eine Eröffnung derselben aufs peinlichste vermieden wurde. Die Zinkphosphatzementmasse wurde lege artis angerührt und unter Cofferdamabschluss in die Cavität eingeführt. Die Füllungen wurden aus dem langsam härtenden Harvard-Zement Nr. 3 hergestellt. Die Amalgamfüllungen wurden aus „Dr. Lange Silberamalgam", die Guttaperchafüllungen aus der weissen Harvard-Guttapercha angefertigt. Zur festgesetzten Zeit wurden die Hunde nach subkutaner Injektion von 3 ccm einer fünfprozentigen Lösung von Morphinum hydrochloricum durch Chloroform getötet, die Kiefer von den Weichteilen befreit und herausgesägt und dann entsprechend den zu untersuchenden Zähnen zersägt.

Mikrotechnik.

Zunächst wurden die Kieferstücke sieben Tage in Formalin 5 % fixiert, dann in Salpetersäure-Formalinlösung sechs Wochen entkalkt. Die Zähne wurden von dem sie umgebenden Kieferknochen gelöst, um dann noch für weitere drei Wochen in der Entkalkungsflüssigkeit liegen zu bleiben. Die Präparate wurden mit Natriumsulfatlösung während 24 Stunden neutralisiert und während weiterer 24 Stunden fliessendem Wasser ausgesetzt. Auf dem Gefriermikrotom wurden dann histologische Schnitte hergestellt, die mit Haematoxylin-Eosin gefärbt wurden.

Versuchsergebnisse.

Tierversuch I.

Hündin, 1½ Jahre alt, die einmal Junge geworfen hat; gelbhaarig. Getötet vier Monate nach Füllung der Zähne. Während der Beobachtungsdauer im Aussehen und in der Farbe der Zähne keine makroskopisch sichtbaren Veränderungen wahrnehmbar.

I. Versuchsreihe — Dauer 4 Monate.

Kontrollzahn — nicht behandelt.

Makroskopischer Befund: Pulpa im oberen Drittel des Kavums geschwunden, wurzelwärts erhalten.

Mikroskopischer Befund: Maximale totale Hyperämie. Odontoblasten erhalten. Parenchym erhalten. Dissolutio pulpae I. Stadium?

Harvardeinlage im Reisszahn rechts unten (4.X.—31.I.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten, Pulpa in der oberen Hälfte des Kavums geschwunden, wurzelwärts erhalten. Dentinwandung pulpenwärts vorgebuchtet.

Mikroskopischer Befund: Maximale totale Hyperämie. Odontoblasten erhalten, Kerne gut färbbar; normale dentinogene Zone. Sehr starke Reizdentinbildung. Gegenüber dem Reizdentin zelluläre Exsudation, hauptsächlich Plasmazellen. Kalkkonkremente im ersten Viertel der Wurzelpulpa. Bakteriennachweis negativ.

Harvardeinlage im Eckzahn rechts oben (4. X.—31. I.) Füllung in unmittelbarer Pulpanähe.

Makroskopischer Befund: Füllung oberflächlich ausgewaschen, Randschluss gut. Pulpa erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Odontoblasten erhalten. Keine Reizdentinbildung; stark verbreiterte dentinogene Zone. Homogene Hyalinisierung des Pulpaparenchyms.

Amalgameinlage im Reisszahn rechts oben (4.X.—31.I.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Retraktion der Pulpa aus dem oberen Drittel des Kavums. Vorbuchtung der Dentinwand unter der Kavität.

Mikroskopischer Befund: Sehr starke totale Hyperämie. Odontoblasten erhalten; normale dentinogene Zone. Sehr starke Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Unter dem Reizdentin beginnende Atrophie der Odontoblasten. Pulpaparenchym erhalten.

Guttaperchaeinlage im Eckzahn rechts unten (4. X. — 31. I.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Retraktion der Pulpa aus dem Pulpahorn.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie mittleren Grades. Odontoblasten erhalten. Normale dentinogene Zone. Keine Reizdentinbildung. Parenchym normal.

II. Versuchsreihe — Dauer 3 Monate.

Kontrollzahn — nicht behandelt.

Makroskopischer Befund: Pulpa erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie mittleren Grades. Odontoblasten erhalten. Normale dentinogene Zone. Keine Reizdentinbildung.

Kontrollzahn — trepaniert (12. XI. — 31. I.)

Makroskopischer Befund: Retraktion der Pulpa aus dem Pulpahorn. Dentinwandung pulpenwärts vorgebuchtet.

Mikroskopischer Befund: Maximale totale Hyperämie. Odontoblasten erhalten. Normale dentinogene Zone. Starke Reizdentinbildung. Keine zelluläre Reaktion. Bakteriennachweis negativ.

Harvardeinlage im Eckzahn links oben (12. XI.—13. I.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa erhalten. Dentinwandung unter der Kavität vorgebuchtet.

Mikroskopischer Befund: Starke totale Hyperämie. Odontoblasten relativ gut erhalten. Normale dentinogene Zone. Starke Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Pulpaparenchym gut erhalten, geringes Oedem.

Amalgameinlage im Reisszahn links oben (12.XI.-31.I.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa bis zur Bifurkation der Wurzeln bis auf einen dünnen Streifen geschwunden.

Mikroskopischer Befund: Stark atrophische Pulpa. Totale Hyperämie. Starke Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Odontoblasten ausserhalb der Reizdentinschicht vacuolär.

Guttaperchaeinlage im Eckzahn links unten (12. XI. — 31. I.)

Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.

Mikroskopischer Befund: Maximale totale Hyperämie. Odontoblasten gut erhalten. Breite irreguläre dentinogene Zone. Keine Reizdentinbildung. - Dissolutio pulpae. I. Stadium? Geringes seröses Exsudat.

Tierversuch II.

Hund, ungefähr 2 Jahre alt. Getötet zwei Monate nach Füllung der Zähne. Die Zähne im Unterkiefer sind abgekaut. Während der Beobachtungsdauer in Aussehen und Farbe der Zähne keine makroskopisch sichtbaren Veränderungen wahrnehmbar.

III. Versuchsreihe — Dauer 2 Monate.

Kontrollzahn — nicht behandelt.

Makroskopischer Befund: Pulpa erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Atrophie der Odontoblasten, ebenso des Parenchyms. Beginnende Dissolutio pulpae.

Kontrollzahn — trepaniert (3. XII. — 7. II.)

Makroskopischer Befund: Pulpa erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Atrophie der Odontoblasten. Schwache Reizdentinbildung. Atrophie des Parenchyms. Beginnende Dissolutio pulpae. Bakteriennachweis negativ.

Harvardeinlage im Reisszahn rechts unten (3. XII. — 7. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa aus dem Kavum geschwunden, in Höhe der Bifurkation der Wurzeln erhalten.

Mikroskopischer Befund: Starke totale Hyperämie. Odontoblasten in beginnender vacuolärer Atrophie. Keine Reizdentinbildung, unregelmässige dentinogene Zone. Atrophie des Pulpaparenchyms.

Harvardeinlage im Eckzahn rechts oben (3.XII.—7.II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa erhalten. Dentinwandung pulpenwärts vorgebuchtet.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Druckatrophie der Odontoblasten gegenüber der Kavität, im übrigen gut er-

halten. Starke Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Gegenüber dem Reizdentin beginnende Dissolutio pulpae.

Amalgameinlage im Reisszahn rechts oben (3. XII. — 7. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa oberhalb der Bifurkation nur in einem dünnen Streifen vorhanden. Schnitte waren nur im unteren Drittel der Kavität zu gewinnen.

Mikroskopischer Befund:

1. Präparat: Hyperämie mittleren Grades. Starke vacuoläre Atrophie der Odontoblasten. Unregelmässige dentinogene Zone. Schwache Reizdentinbildung. Vacuoläre Degeneration des Parenchyms.

2. Präparat (Schnitt unterhalb der Kavität): Totale Hyperämie. Vacuoläre Degeneration und Kompression der Odontoblasten. Irreguläre dentinogene Zone. Beginnende Dissolutio pulpae 1. Grades.

Guttaperchaeinlage im Eckzahn rechts unten (3. XII. — 7. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa füllt nur ein Drittel des Kavums aus. Dentinwandung vorgebuchtet. Mikroskopischer Befund: Starke totale Hyperämie. Maximale Kompression der Odontoblastenschicht. Sehr starke Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Parenchym starke netzförmige Degeneration. Dissolutio pulpae 2. Grades.

IV. Versuchsreihe — Dauer 1 Monat.

Kontrollzahn — nicht behandelt.

Makroskopischer Befund: Pulpa aus der oberen Kronenhälfte geschwunden, füllt nur zum Teil noch das Lumen wurzelwärts aus.

Mikroskropischer Befund: Totale Hyperämie. Odontoblastenschicht atrophiert. Irreguläre dentinogene Zone. Beginnende Dissolutio pulpae?

Kontrollzahn — trepaniert (14. I. — 7. II.)

Makroskopischer Befund: Pulpa bekleidet nur in einem dünnen Streifen die Dentinwände, in der Mitte derselben befindet sich ein Hohlraum.

Mikroskopischer Befund: Ausgedehnte Atrophie der Gesamtpulpa. Mächtige Hyperämie. Odontoblasten atrophiert. Irreguläre dentinogene Zone. Geringe Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Zentral beginnende Dissolutio pulpae. Bakteriennachweis negativ.

Harvardeinlage im Reisszahn links unten (14.I.—7.II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa bis zur Bifurkation geschwunden, wurzelwärts erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Odontoblasten erhalten. Ausgedehnte Reizdentinbildung gegenüber der Kavität. Beginnende zentrale retikuläre Atrophie des Parenchyms, geringe Vermehrung der Wanderzellen?

Harvardeinlage im Eckzahn links oben (14. I. — 7. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten, Pulpa ebenso. Dentinwandung pulpenwärts vorgebuchtet.

Mikroskopischer Befund: Geringe Atrophie der Odontoblastenschicht. Starke Reizdentinbildung. Schmale dentinogene Zone. Geringe zelluläre Exsudation gegenüber der Kavität. Eine Hämorrhagie. Beginnende Dissolutio pulpae

gegenüber. Leichtes zentrales Oedem. Beginnende Hyalinisierung.

Amalgameinlage im Reisszahn links oben (14.I.—7.II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa von der Dentinwandung retrahiert, füllt nur zwei Drittel ihres Lumens aus.

Mikroskopischer Befund: Starke totale Hyperämie. Atrophie der Odontoblasten. Keine Reizdentinbildung. Irreguläre dentinogene Zone. Zentrale retikuläre Atrophie des Pulpaparenchyms.

Guttaperchaeinlage im Eckzahn links unten (14. 1. — 7. II. (Zahn stark abgekaut.)

Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Odontoblastenschicht gut erhalten. Starke Reizdentinbildung. Zentral geringes Oedem.

Tierversuch III.

Wolfshund, zwei Jahre alt. Getötet ½ Monat nach Füllung der Zähne. Während der Beobachtungsdauer im Aussehen und in der Farbe der Zähne keine makroskopisch sichtbaren Veränderungen wahrnehmbar.

V. Versuchsreihe — Dauer ½ Monat.

Kontrollzahn — nicht behandelt.

Makroskopischer Befund: Pulpa erhalten.

Mikroskopischer Befund: Mächtige zentrale Hyperämie. Atrophie der Odontoblastenschicht. Vorstadium der Dissolutio pulpae?

Harvardeinlage im Eckzahn rechts unten (30.I.—13.II.)

Makroskopischer Befund: Füllung gut erhalten. Pulpa auf ein Drittel des Umfanges geschrumpft.

Mikroskopischer Befund: Zentrale Hyperämie. Odontoblastenschicht erhalten bis auf die Gegend gegenüber der Kavität und der korrespondierenden Zahnbeinwand. Odontoblasten komprimiert, Kerne deutlich sichtbar. Normale dentinogene Zone fernab der Kavität, abnorm schmale dentinogene Zone gegenüber der Kavität. Keine Reizdentinbildung. Zentrales Parenchym nicht mehr vorhanden. Zentrale Dissolutio pulpae? Das den Hohlraum begrenzende Parenchym komprimiert, Struktur wenig erkennbar, beginnende Hyalinisierung. Mächtige Gefässräume, Wände intakt, keine Hämorrhagie. Keine Verkalkung, keine Dentikel. Im zentralen Hohlraum einige wenige rote Blutkörperchen.

Harvardeinlage im Eckzahn rechts oben (30. I.—13. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.

Mikroskopischer Befund: Pulpa im grossen und ganzen erhalten. Totale Hyperämie, besonders zentral. Odontoblasten im grossen und ganzen erhalten. Keine Reizdentinbildung. Geringes zentrales Oedem.

Amalgameinlage im Reisszahn rechts oben (30. 1. — 13. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.

Mikroskopischer Befund: Geringe zentrale Hyperämie. Odontoblastenschicht in vacuolärer Degeneration. Geringe zentrale vacuoläre Degeneration vom Odontoblastenring. Geringe Reizdentinbildung gegenüber der Kavität.

Guttaperchaeinlage im dritten Schneidezahn rechts unten (30. I. — 13. II.)

Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.

Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie, Odontoblastenschicht gut erhalten. Geringe Reizdentinbildung.

VI. Versuchsreihe — Dauer ¼ Monat.

Kontrollzahn — nicht behandelt.
Makroskopischer Befund: Pulpa erhalten.
Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Geringe Odontoblastenatrophie. Keine Reizdentinbildung.
Harvardeinlage im Reisszahn links unten (6.II.—13.II.)
Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.
Mikroskopischer Befund: Geringe Hyperämie. Odontoblastenschicht gering atrophiert. Keine Reizdentinbildung.
Harvardeinlage im Eckzahn links oben (6.II.—13.II.)
Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.
Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie. Keine Hämorrhagie. Odontoblastenschicht erhalten. Keine Reizdentinbildung.
Amalgameinlage im Reisszahn links oben (6.II-.13.II.)
Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.
Mikroskopischer Befund: Geringe totale Hyperämie. Odontoblastenschicht erhalten. Keine Reizdentinbildung.
Guttaperchaeinlage im Eckzahn links unten (6. II. — 13. II.)
Makroskopischer Befund: Füllung und Pulpa gut erhalten.
Mikroskopischer Befund: Totale Hyperämie, eine Hämorrhagie. Odontoblastenschicht normal. Keine Reizdentinbildung.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend muss man zunächst feststellen, dass die sechs Versuchsreihen noch nicht so umfassend sind, dass man einen endgültigen, einwandfreien Schluss für die Beantwortung des schwierigen Fragenkomplexes aus ihnen ziehen könnte. Trotzdem sind durch diese umfassenderen Versuche die seinerzeit von Rebel gemachten Feststellungen abermals bestätigt worden.

1. Massgebend für die Reaktion der Pulpa auf ein bestimmtes Füllungsmaterial ist, in den vorliegenden Versuchsergebnissen die Stärke des gebildeten Reizdentins, die bei allen behandelten — trepanierten wie mit Füllungen versehenen — Zähnen mit der längeren Beobachtungsdauer zunimmt.

2. Je nach den thermischen — Amalgamfüllungen — und den chemischen — Zinkphosphatzementfüllungen — Reizen, die die Füllungen ausüben, sind Degenerationserscheinungen zellulärer Art, die der Ueberfunktion der Pulpa — Reizdentinbildung — als Ausdruck des Erschöpfungszustandes derselben folgen, festzustellen, die mit der Länge der Zeit an Umfang zunehmen.

3. Diese Degenerationserscheinungen sind jedoch nicht allein der Wirkung der Füllungsmaterialien zuzuschreiben; die Nähe der Pulpa und besonders die Trepanation, desgleichen das Anschneiden und das Freilegen der Dentinkanälchen sind mit entscheidend für die spätere Reaktion der Pulpa.

4. Eine spezifisch schädliche Wirkung der Zinkphosphatzemente auf die Tierpulpa ist auf Grund der Versuchsergebnisse nicht festzustellen.

Interessant in diesem Zusammenhange sind noch die Versuche von Schweizer (Schw. M. f. Z. XXXV Nr. 7, Juliheft), die, gänzlich unabhängig angestellt, fast das gleiche Ergebnis zeitigten und mir erst nach Abschluss meiner Versuche und meiner Arbeit bekannt geworden sind. Bei einer Beobachtungsdauer von sechs bis acht Monaten kommt Schweizer, der Kronen mit Harvard-

zement und Chloropercha auf Menschenzähne aufsetzte, bezüglich der Wirkung der Phosphatzemente auf die Pulpa menschlicher Zähne zu dem gleichen Ergebnis; bei der Chloropercha ist diese nicht so ausgesprochen:

Mikroskopischer Befund:

Bei normal härtendem Zinkphosphatzement: Sekundäre Dentinbildung. Erweiterung der Blutgefässe. Vacuolenbildung in der Odontoblastenschicht. Beginnende Degeneration des Pulpagewebes.

Bei schnell härtendem Zinkphosphatzement: Sekundäre Dentinbildung. Starke Hyperämie. Leichte Vacuolisierung der Odontoblastenschicht. Pulpaparenchym normale Verhältnisse.

Bei einer Beobachtungsdauer von 2½ Jahren zeigte sich ein „Fortschreiten der festgestellten Degenerationsvorgänge in dem Sinne, dass das Pulpagewebe bis zur völligen Nekrose . . . verändert wird." „Der Zustand der Pulpa nach sieben Monaten ist als ein Uebergangsstadium zu betrachten."

Ich möchte zu dem Ergebnis von Schweizer noch hinzufügen, dass das fast allseitige Wegnehmen des Schmelzes zweifelsohne von ausserordentlicher Bedeutung, ja vielleicht ausschlaggebend ist. Auch bezüglich dieser Versuche muss gesagt werden, dass ohne weitere und umfangreichere Nachprüfung das Resultat nicht als absolut eindeutig betrachtet werden darf.

Am Schluss meiner Arbeit ist es mir eine angenehme Pflicht, Herrn Prof. Dr. Rebel für die Ueberlassung des Themas und die gütige Unterstützung und Beratung bei der Anfertigung dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

Abraham: Technische Entwicklung der Zahnzemente. D. M. f. Z. 1912; p. 522. derselbe: Pulpentod unter Silikatfüllungen. D. M. f. Z. 1913; p. 532.

Andresen: Ueber Silikatzemente. D. M. f. Z. 1913; p. 719.

Appfelstädt: Porzellanzemente. D. M. f. Z. 1909; p. 752.

Asch: Die Silikate in chemischer und technischer Beziehung. D. M. f. Z. 1912; p. 877.

Black: Konservierende Zahnheilkunde. 1914; p. 421.

Bruck: Silikatzemente. D .M. f. Z. 1907; p. 74.

Dieck: Ueber methodische Prüfung der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1922; VIII, X.

Fasoli: Silikatzemente und Pulpaveränderung. Z. f. St. 1924; IV.

Feiler: Der Schutz der Pulpa unter Silikatzementfüllungen. D. M. f. Z. 1910.

Fränkel: Ueber Silikate und Pulpentod. D. M. f. Z. 1913; p. 529.

Greve: Ueber die Herstellung von Phosphatzementen. D. z. W. 1905; XXXXIX. derselbe: Dasselbe. D. z. W. 1906; p. 823. derselbe: Theoretische und praktische Studien über Zahnzemente. D. M. f. Z. 1913; p. 346.

Hensel: Ueber methodische Prüfung der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1922; XVI.

Holländer: Das Füllen der Zähne. III. Aufl. 1897. p. 189.

Idolski: Ist die Haftintensität des Zinkoxyphosphatzementes zurückzuführen auf die Bildung eines chemischen Zwischen-Körpers? Inauguraldissertation, Greifswald 1921.

Kantorowicz: Konservierende Zahnheilkunde. 1925. p. 258.

Kulka: Aschers künstlicher Zahnschmelz. Oe. ung. V. f. Z. 1905; III. derselbe: Ueber das Absterben der Pulpa unter Füllungen. D. z. W. 1906; p. 801. derselbe: Ueber die wichtigsten mechanischen und einige chemische Eigenschaften der Silikat- und Phosphatzemente. Oe. ung. V. f. Z. 1907; p. 568. derselbe: Silikatzemente. Oe. ung. V. f. Z. 1909; p. 1024. derselbe: Ueber die Möglichkeit chem. bezw. pathol. Wirkung von Zementfüllungen. Oe. ung. V. f. Z. 1911; I. derselbe: Neue Ergebnisse der Zementforschung. Oe. ung. V. f. Z. 1913; p. 228.

Mamlok: Plastische Füllungen. D. M. f. Z. 1922; XXIII.

Masur: Zur Kritik der neuen Zahnzemente. D. z. W. 1905. p. 282.

Michel-Müller: Konservierende Zahnheilkunde 1921. p. 198.

Miller: Zahnheilkunde. III. Aufl. 1903; p. 63.

Morgenstern: Untersuchungen der Silikat- und Phosphatzemente unter besonderer Berücksichtigung ihrer physik. Eigenschaften. Oe. ung. V. f. Z. 1905; IV.

Palazzi: Ueber die anatomischen Veränderungen der Zahnpulpa im Gefolge von Silikatfüllungen. Z. f. St. 1922; Heft V. derselbe: Dasselbe. Z. f. St. 1923; Heft V. derselbe: Einige

Konklusionen aus meinen dreijährigen Experimenten über die Veränderung der Zahnpulpa nach Füllungen mit Silikatzementen. Z. f. St. 1924; Heft IV.

Peckert: Einführung in die konservierende Zahnheilkunde. III. Aufl. 1923; p. 93 und 100. derselbe: Konservierende Zahnheilkunde: Füllungsmaterialien. E. d. g. Z. I. Bd.; Heft III; 1910. derselbe: Aus den Gebieten der Zahnheilkunde: Füllungsmaterialien. E. d. g. Z. II. Bd.; p. 442.

Port-Euler: Lehrbuch der Zahnheilkunde. 1915; p. 401.

Preiswerk: Konservierende Zahnheilkunde. II. Aufl. 1922. p. 216.

Proell: Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Zahnpulpatodes unter Silikatzementen nebst theoretisch-prakt. Studien über Zemente und andere Füllmaterialien. D. M. f. Z. 1913; p. 81. derselbe: Nachträgliches über Silikatzemente. D. M. f. Z. 1916; p. 143.

Rawitzer: Chemie der Silikatzemente. D. M. f. Z. 1909; p. 269.

Rebel: Haben unsere Aluminiumphosphatfüllungen eine spezifisch schädigende Wirkung auf die Pulpa? D. M. f. Z. 1922; XXIV. derselbe: Untersuchungen über die Einwirkung der Zink- und Aluminiumphosphatzemente auf Pulpa und Zahnbein. D. M. f. Z. 1923; X. derselbe: Pulpa- und Wurzelbehandlung.

Reist: Klinische und histologische Untersuchungen über das Verhalten der Pulpa bei Ueberkronung der Zähne. Schw. M. f. Z. 1923; IV.

Richter: Weitere Erfahrungen und Versuche über Silikatzemente. D. M. f. Z. 1910; p. 437.

Rohrer: Experimentelle Ergebnisse über die Schädlichkeit der Silikatzemente. Z. f. St. 1923; Heft XI. derselbe: Das vitale Prinzip des Zahnes bei Kronen- und Brückenarbeiten. Z. R. 1923; XXXI/XXXII. derselbe: Ueber hygienische Grundfragen in der konserv. Zahnheilkunde. E. d. g. Z. Bd. VII; Heft I. derselbe: Bewertung der Unterlagefüllung unter Silikatzementfüllung. E. d. g. Z. Bd. VII; Heft V.

Roth: Experimenteller Beitrag zu den Zahnfüllungsstoffen. D. M. f. Z. 1921; p. 463.

Sachs: Silikatzemente. D. M. f. Z. 1907; p. 171.

Sauer: Die Rostaings'sche Zementplombe. D. V. f. Z. 1878. p. 20.

Scheff: Handbuch der Zahnheilkunde. IV. Aufl. 1924. Bd. II. p. 59.

Schreiber: Ueber giftige und giftlose Zinkphosphat- und Silikatzementfüllungen. D. z. W. 1910; I.

Seitz-Weigele: Experimentelle Beiträge zu den Zahnfüllungsmethoden. D. M. f. Z. 1920; p. 441.

Walkhoff: Lehrbuch der konservierenden Zahnheilkunde. II. Aufl. 1922; p. 200.

Wolfram: Zur Theorie der Zahnzemente. Z. R. 1905; X u. XVI.

Wustrow: Ueber den Schutz der Pulpa unter Silikatfüllungen. Z. R. 1921; XXVIII. derselbe: Pulpenschutz unter Zementen. D. z. W. 1922; VI/VII. derselbe: Pulpenschädigung durch unsere Zemente und ihre Bedeutung für die prothetische und konservierende Zahnheilkunde. D. M. f. Z. 1922; XXIV. derselbe: Ueber die Erhaltung oder Zerstörung der Pulpen bei Ueberkronungen. Z. R. 1922; XXVII/XXVIII.

Erklärung der Abkürzungen.

D. M. f. Z. = Deutsche Monatsschrift für Zahnheilkunde.
Schw. M. f. Z. = Schweizerische Monatsschrift für Zahnheilkunde.
Oe. ung. V. f. Z. = Oesterreichisch-ungarische Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde.
Z. R. = Zahnärztliche Rundschau.
D. V. f. Z. = Deutsche Vierteljahrsschrift für Zahnheilkunde.
D. z. W. = Deutsche zahnärztliche Wochenschrift.
E. d. g. Z. = Ergebnisse der gesamten Zahnheilkunde.
Z. f. St. = Zeitschrift für Stomatologie.

Lebenslauf.

Geboren am 3. Juni 1901 zu Osnabrück als Sohn des Mittelschullehrers Heinrich Böckmann besuchte ich zunächst die städtische Knaben-Bürgerschule. Ostern 1921 erhielt ich am Ratsgymnasium der Stadt Osnabrück das Zeugnis der Reife. Nach einem einsemestrigen Studium der Naturwissenschaften an der Technischen Hochschule zu Hannover widmete ich mich vom Wintersemester 1921/22 ab dem Studium der Zahnheilkunde an der Westfälischen Wilhelms-Universität zu Münster, wo ich zu Beginn des Wintersemesters 1922/23 meine zahnärztliche Vorprüfung bestand. Nach einem einsemestrigen Studium an der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen im Sommer 1923 kam ich zu Beginn des Wintersemesters 1923/24 nach Göttingen, wo ich im November 1924 mein zahnärztliches Staatsexamen ablegte. Seit dem 27. Januar 1925 bin ich als Assistent an dem zahnärztlichen Institut der Universität in Göttingen tätig.

Hans Böckmann.
prakt. Zahnarzt.